

Аннотация

ЗАВИСИМОСТЬ МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ХОЗЯЙСТВ НА ПРИМЕРЕ БАЛАКЛЕЕВСКОГО РАЙОНА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ковтун Ю.И., Чигрин А.Г., Аникеев А.И., Калюжный А.Д.

В статье изложены результаты исследований технологических уровней хозяйств с анализом машиноиспользования в них в Балаклевском районе Харьковской области.

Abstract

THE DEPENDENCE OF CARS USING IN AGRICULTURE FROM TECHNOLOGICAL LEVELS OF ECONOMY ON AN EXAMPLE OF BALAKLEEVSKY AREA OF THE KHARKOV AREA

Y.Kovtun, A.Chygryn, A.Anikeev, A.Kalyuzhniy

The article is devoted results of researches of technological levels of economy with the analysis of use of cars in them in Balakleevsky area of the Kharkov area are stated

УДК 631.333

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІСЛЯ СХОДЖЕННЯ З ДИСКА ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА ПРИ НАЯВНОСТІ ЗМІННОГО АЕРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ СЕРЕДОВИЩА (ПОВІТРЯ)

**Ловейкін В.С., д.т.н., проф., Човнюк Ю.В., к.т.н., проф.,
Дитюк А.І., здобувач**

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Встановлена математична модель руху частинки мінеральних добрив після сходження з диска відцентрового розкидача при наявності змінного аеродинамічного опору.

Постановка проблеми. Для розширення функціональних можливостей машин для внесення мінеральних добрив і покращення показників ефективності їх внесення необхідно провести спеціальні дослідження, зокрема, розробити математичні моделі і на їх основі отримати залежності, які описують закономірності процесів щодо загальних і часткових випадків руху мінеральних добрив від лопатки розкидального органу до поверхні поля по оптимальній траєкторії при наявності змінного аеродинамічного опору середовища (повітря).

Після сходження частинки добрив з лопатки диска подальший її рух

відбувається під дією сили ваги $Q = mg$ (де m – маса частки, g – прискорення вільного падіння) і сили опору середовища (повітря). Остання сила вносить у траєкторію руху частинки суттєві коригування. Для підвищення продуктивності машин, які призначені для внесення у ґрунт мінеральних добрив, необхідно в першу чергу розробити адекватну математичну модель руху у середовищі (повітрі) частинок добрив. При цьому бажано врахувати якомога точніше вплив на вказаний рух аеродинамічного опору і, зокрема, його змінність у часі.

Огляд літератури по темі дослідження. Рух частки мінеральних добрив після сходження її з диску відцентрового розкидача в середовищі з опором (повітрі) детально розглянуті у роботах [1-3]. Проте автори цих робіт не враховують у своїх дослідженнях змінних властивостей аеродинамічного опору середовища, які відбуваються з плином часу (t). Саме ця обставина буде врахована і досліджена у даній роботі.

Мета роботи полягає у встановленні основних закономірностей руху частинок мінеральних добрив після їх сходження з диску відцентрового розкидача при наявності змінного аеродинамічного опору середовища (повітря). При цьому буде використаний підхід роботи [4] у межах моделі динаміки руху матеріальної точки.

Виклад основного змісту дослідження. Нижче у рамках динаміки матеріальної точки пропонується математичний опис польоту часточки мінеральних добрив після її сходження з диску відцентрового розкидача із врахуванням змінного аеродинамічного опору середовища (повітря).

При використанні традиційного підходу [4] до постановки задачі динаміки матеріальної точки маємо наступну систему диференціальних рівнянь:

$$m\ddot{x} = -kx^2, \quad m\ddot{y} = -mg, \quad (1)$$

де: m – маса, $g = 9,81$ м/с², $(\dot{}) = \frac{d}{dt}$, $(\ddot{}) = \frac{d^2}{dt^2}$;

x та y – координати центру маси часточки, які відраховуються відповідно у горизонтальному та вертикальному напрямках;

k – коефіцієнт аеродинамічного опору, відносно якого припускаємо те, що він залежить від часу (t), тобто:

$$k = k(t). \quad (2)$$

Позначимо:

$$\gamma = \gamma(t) = \frac{kt}{m}. \quad (3)$$

тоді рівняння (1) приймуть вид:

$$\ddot{x} = -\gamma x^2, \quad \ddot{y} = -g. \quad (4)$$

Початкові умови наступні (рис. 1):

$$\begin{cases} x(0) = 0; \dot{x}(0) = v \cos \varphi; \\ y(0) = 0; \dot{y}(0) = v \sin \varphi; \end{cases} \quad (5)$$

де: v – швидкість, з якою злітає частка добрив з диска відцентрового розкидача;

φ – початковий кут нахилу траєкторії руху частинки до горизонту.

Інтегрування другого з рівнянь (4) дає:

$$y = y_0 + v \sin \varphi t - \frac{gt^2}{2}. \quad (6)$$

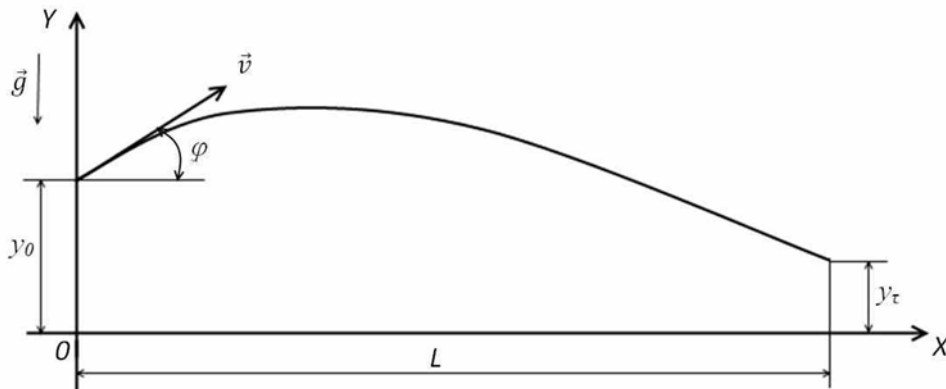


Рис. 1 – Траєкторія руху частки мінеральних добрив після сходження з диска відцентрованого розкидача

Нехай час (тривалість) польоту часточки мінеральних добрив дорівнює τ , тоді:

$$y_\tau = v \sin \varphi \tau + y_0 - \frac{g\tau^2}{2}, \quad (7)$$

звідки випливає:

$$\tau = \frac{1}{g} \left[v \sin \varphi + \sqrt{v^2 \sin^2 \varphi + 2(y_0 - y_\tau)g} \right]. \quad (8)$$

При $y_0 = y_\tau$ (симетрична траєкторія руху частки) маємо відомий результат:

$$\tau = \frac{2v \sin \varphi}{g}. \quad (9)$$

Введемо нову змінну Z за формулою:

$$Z = \dot{x}. \quad (10)$$

Тоді перше з рівнянь (4) прийме вид:

$$\dot{Z} = -\gamma(t)Z^2. \quad (11)$$

При початковій умові:

$$Z(0) = v \cos \varphi, \quad (12)$$

інтеграл рівняння (11) буде:

$$Z = \frac{1}{\int_0^t \gamma(t') dt' + \frac{1}{v \cos \varphi}}. \quad (13)$$

Враховуючи формулу (10), далі отримуємо:

$$X(t) = \int_0^t \frac{dt'}{\int_0^t \gamma(t'') dt'' + \frac{1}{v \cos \varphi}}. \quad (14)$$

Для дальності польоту частки L знайдемо:

$$L = \int_0^t \frac{dt'}{\int_0^t \gamma(t'') dt'' + \frac{1}{v \cos \varphi}}. \quad (15)$$

Якщо знехтувати аеродинамічним опором, то з формули (15) знайдемо:

$$L = v \cos \varphi \tau = \frac{v \cos \varphi}{g} \left[v \sin \varphi + \sqrt{v^2 \sin^2 \varphi + 2(y_0 - y_\tau)g} \right]. \quad (16)$$

При $y_0 = y_\tau$ маємо відоме співвідношення:

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\varphi}{g}, \quad v = v_0. \quad (17)$$

Якщо $(y_0 - y_\tau) = H$, де H – висота диску відцентрового розкидача над поверхнею ґрунту, тоді:

$$L = v \cos \varphi \tau = \frac{v \cos \varphi}{g} \left[v \sin \varphi + \sqrt{v^2 \sin^2 \varphi + 2gH} \right]. \quad (18)$$

Прийmemo для функції $\gamma(t)$ апроксимуючий вираз:

$$\gamma(t) = b - 2at \geq 0,$$

де: a та b – невід’ємні константи, що визначається статистичною обробкою експериментів.

Крім того, зазначаємо:

$$C = \frac{1}{\cos \varphi}. \quad (20)$$

тоді отримаємо [5]:

$$L = \int_0^t \frac{dt}{c + bt - at^2} = \frac{1}{\sqrt{b^2 + 4ac}} \ln \left| \frac{(b - \sqrt{b^2 + 4ac} - 2at)(b + \sqrt{b^2 + 4ac})}{(b + \sqrt{b^2 + 4ac})(b - \sqrt{b^2 + 4ac})} \right|. \quad (21)$$

Розглянемо частковий випадок:

$$b = 2at. \quad (22)$$

тоді умова $\gamma(t) \geq 0$ виконується, оскільки $\tau \geq t$.

Вносячи формулу (22) у вираз (21), отримуємо:

$$L = \frac{1}{2\sqrt{a^2\tau^2 + ac}} \ln \left| \frac{a\tau + \sqrt{a^2\tau^2 + ac}}{a\tau - \sqrt{a^2\tau^2 + ac}} \right|. \quad (23)$$

Розглянемо граничний перехід при $a \rightarrow 0$. При цьому маємо:

$$\ln \left| \frac{a\tau + \sqrt{a^2\tau^2 + ac}}{a\tau - \sqrt{a^2\tau^2 + ac}} \right| = \ln \left| \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{c}{a\tau^2}}}{1 - \sqrt{1 + \frac{c}{a\tau^2}}} \right| = 2 \left[\left(1 + \frac{c}{a\tau^2}\right)^{-1/2} + \frac{1}{3} \left(1 + \frac{c}{a\tau^2}\right)^{-2/3} + \dots \right]. \quad (24)$$

Тому:

$$\lim_{a \rightarrow 0} L = \lim_{a \rightarrow 0} \frac{1}{\left\{ a\tau \left(1 + \frac{c}{a\tau^2}\right) \right\}} = \frac{\tau}{c} = v \cos \varphi \tau, \quad (25)$$

що співпадає з отриманими раніше результатами.

У таблиці 1 подані результати розрахунку L для різних значень τ і c при $a = 0,01(i c)^{-1}$, за умови (22).

Таблиця 1 – Значення L для різних τ і c

$v \begin{cases} \sin \varphi \\ \cos \varphi \end{cases}, i/c$	$c, c/i$	τ, c	L, m
10	0,1	2	15,96
25	0,04	5	30,17
50	0,02	10	26,25

Аналіз даних таблиці 1 показує, що при $c\tau = const = 0,2$ для L існує максимум, який можна, використовуючи (23), (24), визначити з умови $\left(a = 0,01 \frac{1}{i c}\right)$:

$$\tau^* = \sqrt[3]{5e} \approx 4,65c. \quad (26)$$

Для $\tau^* = 4,65c \div c^* = 0,043 \frac{c}{i}$; $L_{\max}^* \approx 30,38i$.

Висновки:

1. Створена математична модель руху часточки мінеральних добрив після її сходження з диску відцентрового розкидача при наявності змінного аеродинамічного опору середовища (повітря) і встановлені основні закономірності вказаного руху.
2. Встановлено, що при $c\tau = const = 0,2$ залежність $L = L(\tau)$ (при $a = 0,01(mc)^{-1}$) має характерний максимум: $L_{\max}(\tau = 4,65c) \approx 30,4i$.
3. Отримані в роботі результати мають у подальшому слугувати для уточнення і вдосконалення існуючих методів інженерних розрахунків відцентрових розкидачів мінеральних добрив.

Список використаних джерел

1. Заика П.М., Мельник В.И., Анিকেев А.И. Свободное движение материальной точки в спокойной изотропной газообразной среде// Вестник Харьковского государственного технического университета «Харьковский политехнический институт». Динамика и прочность машин. – 2001.– Вып. 25.
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (ч. 3). Машини для приготування і внесення добрив. – Харків: Око, 2002. – 352с.
3. Методические указания к изучению расчетного курса лекций «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины». Избранные задачи земледельческой механики. Тема 8. Движение обрабатываемого материала в сопротивляющей среде. Вып. 1. Составитель Заика П.М. – Харьков: ХИМЭСХ, 1991. – 62с.
4. Халфман Р.Л. Динамика. – М.: Наука, 1972. – 568с.
5. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. – М.: Наука, 1973. – 228с.

Аннотация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ СХОЖДЕНИИ С ДИСКА ЦЕНТРОБЕЖНОГО РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕДЫ

Ловеikin В.С., Човнюк Ю.В., Дитюк А.И.

Установлена математическая модель движения частицы минеральных удобрений при схождении с диска центробежного разбрасывателя в условиях аэродинамического сопротивления среды.

Abstract

MATHEMATICAL SIMULATION OF THE PARTICLE MOTION OF THE MINERAL FERTILIZERS OF THE SURFACE OF THE REVOLVING DISK

V. Loveykin, Y. Chovnyuk, A. Dityuk

We defined the mathematical model of mineral fertilizers part movement surface of rotating disk of outward spreader of hard mineral fertilizers. It optimize the mechanic-technological process of mineral fertilizers dispersion.